

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10026549  
PUBLICATION DATE : 27-01-98

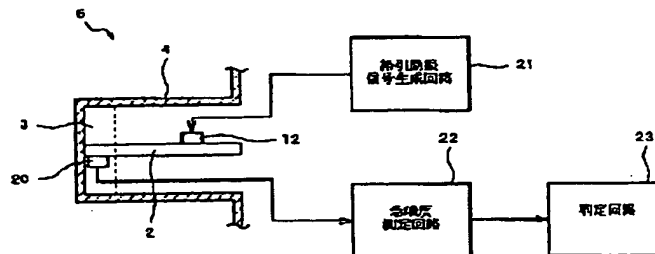
APPLICATION DATE : 11-07-96  
APPLICATION NUMBER : 08182163

APPLICANT : NOHKEN:KK;

INVENTOR : KAWAKATSU HIROSHI;

INT.CL. : G01F 23/22

TITLE : VIBRATING TYPE LEVEL DETECTOR



**ABSTRACT :** **PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide the level detector, which can perform more highly sensitive detection without the requirement for the initial adjustment for correcting the dispersion among respective products and without the time change of characteristics by the effects of temperature change and the like.

**SOLUTION:** A vibrating plate 2 is fixed to a detecting pipe 4 of a vibrating plate 5, and the vibrating plate 2 is vibrated by the excitation of an exciting piezoelectric element 12. The exciting piezoelectric element 12 is excited on the basis of the exciting signal. The exciting signal is generated in a sweep-exciting-signal generating circuit 21 and imparted to the exciting piezoelectric element 12. The sweep-exciting-signal generating circuit 21 sweeps the exciting signal and imparts the signal to the exciting piezoelectric element 12. The vibration of the vibrating plate 2 is converted into the received signal by an acceleration pick-up and accepted in a steepness measuring circuit 22. The steepness measuring circuit 22 measures Q of the resonance frequency characteristic of the vibrating body 2 (that is to say, the resonance frequency characteristic of the vibrating part 5). The Q, which is measured by the steepness measuring part 22, is imparted to a judging circuit 23. When the Q is less than the specified reference value, it is judged that powder and granular material, liquid and the like come into contact with the vibrating part 5, and the detected signal is outputted.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-26549

(43)公開日 平成10年(1998) 1月27日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 1 F 23/22

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 1 F 23/22

技術表示箇所

H

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平8-182163

(22)出願日 平成8年(1996)7月11日

(71)出願人 000233790

株式会社ノーケン

大阪府吹田市広芝町15番32号

(72)発明者 川勝 裕志

大阪府吹田市広芝町15番32号 株式会社ノ  
ーケン内

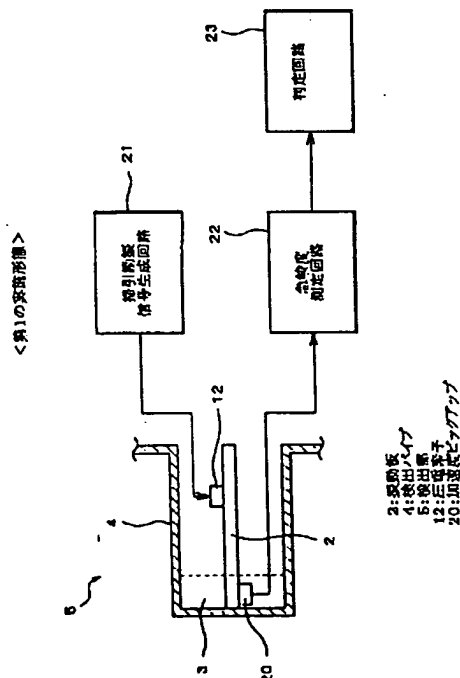
(74)代理人 弁理士 古谷 栄男 (外2名)

(54)【発明の名称】 振動式レベル検出装置

(57)【要約】

【課題】 各製品間のばらつきを是正するための初期調整が必要なく、しかも温度変化等の影響によって特性が経時変化することがなく、さらに高感度の検出を行うことができる振動式レベル検出装置の提供。

【解決手段】 振動部5の検出パイプ4には振動板2が固定されており、励振用圧電素子12の励振によって振動板2は振動する。励振用圧電素子12は励振信号に基づいて励振する。この励振信号は掃引励振信号生成回路21によって生成され励振用圧電素子12に与えられている。掃引励振信号生成回路21は励振信号を掃引して励振用圧電素子12に与える。振動板2の振動は加速度ピックアップによって受信信号に変換され、急峻度測定回路22に取り込まれる。そして、急峻度測定回路22はこの受信信号に基づいて振動体2の共振周波数特性(すなわち、振動部5の共振周波数特性)のQを測定する。急峻度測定回路22が測定したQは判定回路23に与えられ、Qが所定の基準値を下回っている場合、粉粒や液体等が振動部5に接触したと判定して検出信号を出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 検出対象が接触可能な位置に設けられた振動部、

所定の振動周波数の励振信号を生成して出力する励振信号生成部、

振動部に固定されており、前記励振信号を受け、振動部に対して当該励振信号に対応する振動を与える励振部、

振動部の振動を受信信号に変換して出力する受信部、

前記受信信号を取り込み、振動部の共振周波数特性の急峻度を測定する急峻度測定部、

前記急峻度に基づいて、検出対象と振動部との接触を判定する判定部、

を備えたことを特徴とする振動式レベル検出装置。

【請求項 2】 請求項 1 に係る振動式レベル検出装置において、

前記励振信号生成部は、振動周波数を掃引して出力し、

前記急峻度測定部は、各振動周波数に対応した受信信号に基づき振動部の共振周波数特性の急峻度を測定する、ことを特徴とする振動式レベル検出装置。

【請求項 3】 請求項 1 に係る振動式レベル検出装置において、

前記励振信号生成部は、所定の振動周波数帯域を有する励振信号を出力し、

前記急峻度測定部は、受信信号に基づき時間軸一周波数軸変換処理によって振動部の共振周波数特性の急峻度を測定する、

ことを特徴とする振動式レベル検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、たとえば粉粒や液体などの検出対象を収容するタンク等の構造物に設置し、粉粒等の増減が一定量に達したことを検知するための振動式レベル検出装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 振動式レベル検出装置の一例を図 15 に示す。タンク 150 には振動パイプ 104 が取り付けられており、この振動パイプ 104 を閉塞する支持板 104a は振動板 102 のほぼ中央部を支持している。

【0003】 支持板 104a を境とする振動板 102 の突出部 102a はタンク 150 内に向けて突出しており、振動パイプ 104 内に位置する収納部 102b には励振用圧電素子 106、受信用圧電素子 108 が固定されている。励振用圧電素子 106 は励振回路 128 からの信号を受けて励振し、振動板 102 を振動させる。

【0004】 ここで振動板 102 には、それぞれに応じた固有の振動周波数特性がある。たとえば、振動板 102 の長さや幅、厚み等によって、振動板 102 が最も効率的に振動を行う固有の振動周波数特性が決定される。

【0005】 励振回路 128 は、固有の振動周波数で振動板 102 を励振させるよう励振用圧電素子 106 に信

号を出力しており、振動板 102 は最大幅で振動している。振動板 102 の振動は受信用圧電素子 108 で電気的に変換され、入力回路 122 に取り込まれる。この電気信号は増幅回路 124 で増幅された後、励振回路 128 を通じて励振用圧電素子 106 に与えられる。このような閉ループの回路構成によって、振動板 102 は固有の振動周波数による振動を持続することができる。

【0006】 タンク 150 内に収納されている粉粒や液体等が増加し、振動板 102 のレベルに達したとする。この場合、粉粒等が振動板 102 の突出部 102a に接触し、突出部 102a が強制的に制限され振動板 102 の振動が減衰する。この振動の減衰は増幅回路 124 からの出力の変化として、検出回路 140 に取り込まれる。検出回路 140 は、受けた出力信号が所定の基準電圧よりも低くなったことに基づいてタンク 150 内の粉粒等が検出レベルに達したことを認識し、たとえば警報器等を作動させる。

【0007】 また、粉粒等が振動板 102 の突出部 102a に接触し、振動板 102 の振動が減衰した場合、この影響を受けて振動板 102 の共振周波数特性がシフトして変化する。他の振動式レベル検出装置として、この共振周波数特性の変化を検出し、タンク 150 内の粉粒等が検出レベルに達したことを認識する装置もある。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来の振動式レベル検出装置には以下のような問題があった。まず、受信用圧電素子 108 からの出力信号が所定の基準電圧よりも低くなったことに基づいて検出を行う従来例においては、励振用圧電素子 106、受信用圧電素子 108 の各製品間のばらつきを是正するため、装置完成後に初期調整の必要があった。

【0009】 また、振動式レベル検出装置をタンク 150 に取り付けした後、温度変化等の影響を受け、励振用圧電素子 106、受信用圧電素子 108 の特性が経時変化してしまうことがある。このため、出力信号に変動が生じ、正確な検出ができないという問題がある。

【0010】 さらに、上述の励振用圧電素子 106、受信用圧電素子 108 の各製品間のばらつきや特性変化等を前提として感度設定しようすると、所定幅の感度マージンを設けておく必要があり、高感度の検出、すなわち密度の低い粉粒等の検出を行うことができないという問題が生じる。

【0011】 また、振動板 102 の共振周波数特性の変化に基づいて検出を行う従来例においても同様である。すなわち、各製品間のばらつきを是正するため、装置完成後に周波数の初期調整が必要であり、また温度変化等の影響で特性が経時変化し正確な検出ができないおそれがある。さらに、所定幅の感度マージンを設けた場合、高感度の検出を行うことができない。

【0012】 そこで本発明は、各製品間のばらつきを是

正するための初期調整が必要なく、しかも温度変化等の影響によって特性が経時変化することがなく、さらに高感度の検出を行うことができる振動式レベル検出装置を提供することを目的とする。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る振動式レベル検出装置は、検出対象が接触可能な位置に設けられた振動部、所定の振動周波数の励振信号を生成して出力する励振信号生成部、振動部に固定されており、前記励振信号を受け、振動部に対して当該励振信号に対応する振動を与える励振部、振動部の振動を受信信号に変換して出力する受信部、前記受信信号を取り込み、振動部の共振周波数特性の急峻度を測定する急峻度測定部、前記急峻度に基づいて、検出対象と振動部との接触を判定する判定部、を備えたことを特徴としている。

【0014】請求項2に係る振動式レベル検出装置は、請求項1に係る振動式レベル検出装置において、前記励振信号生成部は、振動周波数を掃引して出力し、前記急峻度測定部は、各振動周波数に対応した受信信号に基づき振動部の共振周波数特性の急峻度を測定する、ことを

特徴としている。

【0015】請求項3に係る振動式レベル検出装置は、請求項1に係る振動式レベル検出装置において、前記励振信号生成部は、所定の振動周波数帯域を有する励振信号を出力し、前記急峻度測定部は、受信信号に基づき時間軸一周波数軸変換処理によって振動部の共振周波数特性の急峻度を測定する、ことを特徴としている。

#### 【0016】

【発明の効果】請求項1に係る振動式レベル検出装置においては、急峻度測定部は、受信信号を取り込み、振動部の共振周波数特性の急峻度を測定する。そして、判定部はこの急峻度に基づいて、検出対象と振動部との接触を判定する。

【0017】振動部の共振周波数特性の急峻度は、各製品間でそれほど大きなばらつきはない。このため、各製品間のばらつきを是正するため、装置完成後に初期調整する必要はない。

【0018】また、振動部の共振周波数特性の急峻度は、振動式レベル検出装置の取り付け状況、たとえば取り付け後の温度変化等の特性変化の影響を受けない。このため、正確な検出を行なうことができる。

【0019】さらに、各製品間のばらつきや特性変化を前提として感度マージンを設ける必要がないため、高感度の検出、すなわち密度の低い粉粒等の検出を行なうことができる。

【0020】請求項2に係る振動式レベル検出装置においては、励振信号生成部は、振動周波数を掃引して出力し、急峻度測定部は、各振動周波数に対応した受信信号に基づき振動部の共振周波数特性の急峻度を測定する。

【0021】このように、振動周波数を掃引して出力

し、各振動周波数に対応した受信信号に基づいて共振周波数特性の急峻度を測定するため、より確実な検出が可能になる。

【0022】請求項3に係る振動式レベル検出装置においては、励振信号生成部は、所定の振動周波数帯域を有する励振信号を出力し、急峻度測定部は、受信信号に基づき時間軸一周波数軸変換処理によって振動部の共振周波数特性の急峻度を測定する。

【0023】このように、時間軸一周波数軸変換処理を用いて共振周波数特性の急峻度を測定するため、より確実な検出が可能になる。

#### 【0024】

【発明の実施の形態】まず、図11に本実施形態に係る振動式のレベル検出装置全体の構成を示す。以下に示す各実施形態では、折り返し振動式のレベル検出装置に本発明を適用している。図11Aは、振動式レベル検出装置の側面図であり一部断面図である。

【0025】図11Aに示すように、振動式レベル検出装置は、基部6と振動部5を備えており、タンク10の壁面に固定される。タンク10には固定用の穴が形成されており、この穴に振動式レベル検出装置を貫通させて固定ネジ部7を締め込む。そして、タンク10内側からナット8を螺合させて固定する。こうして、図11Aに示すようにタンク10の内側に向けて振動部5が突出して位置し、タンクの外側に基部6が位置する。

【0026】基部6には振動部5の振動を安定させるための重量ウェイト6Wとともに、検出動作を行うための回路部9が収納されている。本実施形態では重量ウェイト6Wを収納しているが、設けなくてもよい。一方、振動部5は厚みの薄い管状に形成された検出パイプ4を備えており、その先端部を閉塞するように閉塞部3が溶接によって取り付けられている。

【0027】閉塞部3には、検出パイプ4内に位置するように振動板2が固定されている。本実施形態の振動板2には、図示の通り、励振部としての励振用圧電素子12が固定されている。励振用圧電素子12は、基部6内の回路部9とリード線（図示せず）によって電気的に接続されており、回路部9からの励振信号を受け、この励振信号に対応して励振する。

【0028】図11Bは側面図であり、検出パイプ4、振動板2の励振状態を概念的に示したものである。図11の例では、励振用圧電素子12は振動板2の平面部に固定されている。このため、励振用圧電素子12が励振した場合、振動板2は閉塞部3との接続部を固定端として矢印90方向に振動する。またこの振動に応じて、検出パイプ4は先端部が矢印91方向に振動する。このように、図11のレベル検出装置は折り返し運動を行う。

【0029】閉塞部3内には、受信部である加速度ピックアップが設けられている。この加速度ピックアップも基部6内の回路部9とリード線によって電気的に接続さ

5

れている。加速度ピックアップは、振動部5の振動（検出パイプ4および振動板2の振動）を受信信号に変換して出力する。

【0030】タンク10内に収納されている粉粒や液体等が増加し、振動部5のレベルに達したとする。この場合、粉粒等が振動部5に接触し、振動部5の動きが強制的に制限され振動が減衰する。この振動の減衰は加速度ピックアップから出力される受信信号の変化として取り込まれ、タンク10内の粉粒等が所定レベルに達したことが検出されて、たとえば警報器等が作動する。

【0031】なお、本実施形態では、図11に示す折り返し振動式のレベル検出装置を適用している。しかし、他の構造の振動式レベル検出装置、たとえば折り返し振動を行わない図15に示すような振動板に対して本発明を適用することもできる。

【0032】〔第1の実施形態〕本発明に係る振動式レベル検出装置の第1の実施形態を図面に基づいて説明する。本実施形態では、振動周波数をスイープ（掃引）させて振動部の共振周波数のQ特性を測定する。このQ特性が本実施形態における急峻度である。

【0033】図1は本実施形態における振動式レベル検出装置の要部概略図である。上述のように、振動部5の検出パイプ4には振動板2が固定されており、励振用圧電素子12の励振によって振動板2は振動する。励振用圧電素子12は励振信号に基づいて励振する。この励振信号は掃引励振信号生成回路21によって生成され励振用圧電素子12に与えられている。掃引励振信号生成回路21は励振信号を掃引して励振用圧電素子12に与える。

【0034】振動板2の振動は加速度ピックアップによって受信信号に変換され、急峻度測定回路22に取り込まれる。そして、急峻度測定回路22はこの受信信号に基づいて振動体2の共振周波数特性（すなわち、振動部5の共振周波数特性）のQを測定する。急峻度測定回路22が測定したQは判定回路23に与えられ、判定回路23はこのQに基づいて、粉粒や液体等が振動部5に接触したか否かを判定する。

【0035】本実施形態における振動式レベル検出装置をCPUを用いて実現する場合のハードウェア構成が図2である。バスライン30にはCPU31、ROM32、RAM33が接続されている。CPU31は、ROM32に格納されたプログラムにしたがって各部を制御する。

【0036】バスライン30にはA/D変換器34を介して加速度ピックアップ20が接続されている。加速度ピックアップ20から出力されるアナログデータの受信信号はA/D変換器34でデジタルデータの受信電圧値に変換されて取り込まれる。

【0037】またバスライン30には、発信回路35を介して励振用圧電素子12が接続されている。CPU3

6

1は、発信回路35に対してデジタルデータの周波数を与え、発信回路35はこの周波数をアナログデータの励振信号に変換して励振用圧電素子12に出力する。

【0038】なお、バスライン30には出力部36も接続されている。粉粒や液体等が振動部5に接触したと判定した場合、CPU31はこの出力部36に検出信号を与え、出力部36はたとえば警報器等を作動させる。

【0039】図3に、ROM32に格納されているプログラムフローチャートを示す。まずCPU31は初期周波数 $f$ を設定し（ステップS2）、発信回路35に出力する（ステップS4）。上述のように、発信回路35はこの周波数 $f$ （デジタルデータ）を受け、励振信号（アナログデータ）に変換して励振用圧電素子12に出力する。励振用圧電素子12はこの励振信号に応じて励振し振動板2を振動させる。

【0040】続いて、CPU31はA/D変換器34から受信電圧値 $X$ を取り込む（ステップS6）。上述のように、この受信電圧値 $X$ （デジタルデータ）は、加速度ピックアップ20からの受信信号（アナログデータ）がA/D変換器34によって変換されたものである。そして、ステップS4で出力した周波数 $f$ と、ステップS6で取り込んだ受信電圧値 $X$ とを対応させて記憶する（ステップS8）。

【0041】この後、ステップS10を経てステップS18に進み、掃引処理として周波数 $f$ に $\Delta f$ を加算し、ステップS4に戻る。そして、ステップS4からS8までの処理を行なう。このように、ステップS18で周波数 $f$ に $\Delta f$ を加算し、掃引しながらステップS4からS8までの処理を繰り返す。ステップS10において、 $f$ が所定の終了周波数に達した場合は、ステップS12に進む。

【0042】このステップS12では、繰り返しステップS8で記憶した周波数 $f$ と励振信号 $X$ のデータに基づいてQを算出する。図4は振動体2の振動スペクトルである。Qを算出する場合、具体的には、最も値の高い受信電圧値 $X$ に対応する中心周波数（ $f_c$ ）を捜し出す。そして、この中心周波数（ $f_c$ ）より低い周波数側で受信電圧値の-3dB（約70%）になる周波数（ $f_l$ ）と、中心周波数（ $f_c$ ）より高い周波数側で受信電圧値の-3dB（約70%）になる周波数（ $f_h$ ）を求め、帯域幅 $BW = f_h - f_l$ を算出し、 $Q = f_c / BW$ からQを算出する。

【0043】この後、ステップS14に進み、ステップS12で算出したQが、予め設定されている基準値を下回っているか否かを判別する。Qが基準値を下回っていない場合は、粉粒や液体等が振動部5に接触していないと判定し、ステップS2に戻り初期周波数 $f$ を設定して上記の処理を繰り返す。

【0044】ステップS14においてQが基準値を下回っている場合は、粉粒や液体等が振動部5に接触し振動

板2の振動が減衰していると判定し、ステップS16に進み検出信号を出力する。上記のように、検出信号は出力部36を介してたとえば警報器等に与えられる。

【0045】なお、この本実施形態におけるQの測定の場合、中心周波数( $f_c$ )下方の周波数( $f_l$ )から上方の周波数( $f_h$ )まで、一定の時間をかけて掃引Aするため、その時間分計測が遅れることもあるが、粉体の投入や排出の場合では、それ程高速で行われないため、事実上問題とならない。仮に、高速性が要求される場合は、予め電圧の高い中心周波数( $f_c$ )を求め、そのバンド幅( $f_l$ から $f_h$ )内のみの掃引Bとすれば速度を増すことができる。

【0046】[第2実施形態]次に本発明に係る振動式レベル検出装置の第2の実施形態を図5の要部概略図に基づいて説明する。本実施形態では、帯域励振信号生成回路24は所定の帯域を有する周波数の励振信号を生成している。そして、この励振信号が励振用圧電素子12に与えられている。

【0047】また、急峻度測定回路25は加速度ピックアップ20からの受信信号を取り込み、この受信信号に基づき、時間軸一周波数軸変換処理としてのFFT処理(フーリエ変換処理)によってQを求めている。その他については上記第1の実施形態と同様である。

【0048】本実施形態における振動式レベル検出装置をCPUを用いて実現する場合のハードウェア構成も第1の実施形態と同様である(図2参照)。本実施形態では、CPU31からの指令に基づいて発信回路35はホワイトノイズや測定したい周波数を混合した連続波、またはインパルス波を生成し、励振用圧電素子12に与える。

【0049】そして、CPU31は、A/D変換器34を介して加速度ピックアップ20から受信電圧値を取り込み、FFT処理を行ない上記図4のようなグラフを得る。この後、第1の実施形態と同様、最も値の高い受信電圧値Xに対応する中心周波数( $f_c$ )を捜し出し、この中心周波数( $f_c$ )より低い周波数側で受信電圧値の-3dB(約70%)になる周波数( $f_l$ )と、中心周波数( $f_c$ )より高い周波数側で受信電圧値の-3dB(約70%)になる周波数( $f_h$ )を求める。そして、帯域幅 $BW=f_h-f_l$ を算出し、 $Q=f_c/BW$ からQを算出する。

【0050】この後、算出したQが、予め設定されている基準値を下回っているか否かを判別し、下回っている場合は、粉粒や液体等が振動部5に接触し振動板2の振動が減衰していると判定し、出力部36を介して検出信号を出力し、たとえば警報器等を作動させる。

【0051】[第3実施形態]次に本発明に係る振動式レベル検出装置の第3の実施形態を図6の要部概略図に基づいて説明する。本実施形態では、励振信号生成回路39は、周波数をスイープ(掃引)させたり、ホワイト

ノイズまたはインパルス波等による励振信号を生成している。そして、この励振信号が励振用圧電素子12に与えられている。

【0052】また、本実施形態では、フィルターを用いて、受信信号から複数の周波数成分を取り出す。図6の例では5つのバンドパスフィルター29a、29b、29c、29d、29eが設けられている。加速度ピックアップ20からの受信信号は各バンドパスフィルターに与えられ、それぞれのフィルターに応じた周波数成分が取り出される。

【0053】そして、バンドパスフィルター29a、29b、29c、29d、29eを通過した各周波数成分が急峻度測定回路25に与えられる。ここで、たとえばバンドパスフィルターの周波数特性が図7Bに示すように離れている場合、振動スペクトルの急峻度を測定できないおそれがある。すなわち、バンドパスフィルターの周波数特性が図7Bに示す350Hzと450Hzである場合、中心周波数( $f_c$ )が400Hzである振動スペクトルの急峻度を測定することができない。

【0054】このため、バンドパスフィルター29a、29b、29c、29d、29eの周波数特性の中心周波数を、図7Aに示すように近接して設定する必要がある。このような設定を行うことによって、確実に振動スペクトルの急峻度を測定することができる。

【0055】図8は、フィルター手段を用いた振動式レベル検出装置を、CPUを用いて実現する場合のハードウェア構成を示している。加速度ピックアップ20から出力されるアナログデータの受信信号はデジタルフィルター40に与えられる。デジタルフィルター40は、通過させる周波数特性を掃引している。このデジタルフィルター40の周波数特性の掃引によって、中心周波数が互いに近接した複数の周波数特性を容易に得ることができる。

【0056】デジタルフィルター40を通過したアナログデータはA/D変換器34でデジタルデータの受信電圧値に変換されて取り込まれる。その他の構成は、図2に示す上記第1の実施形態と同様である。

【0057】図9Aはデジタルフィルター40を通過した周波数特性を示している。説明の都合上、模式的に示している。上記のように、デジタルフィルター40の掃引によって中心周波数が互いに近接した周波数特性40a、40b、40c、40d、40e、40fを得ている。図9A中、破線で示す部分が振動板2の振動スペクトル41である。

【0058】各周波数特性40a、40b、40c、40d、40e、40fについての受信電圧値は、図9Aにおける振動スペクトル41との重なり面積に比例する。図9Bはこの受信電圧値を示している。周波数特性40bについてはP1、周波数特性40cについてはP2、周波数特性40dについてはP3、周波数特性40

eについてはP4として表われる。なお、周波数特性40a、40fについては振動スペクトル41との重なりがないため、受信電圧値は出力されない。

【0059】図10Aは帯域の広い振動スペクトル42の場合を示している。この場合、各周波数特性40a、40b、40c、40d、40e、40fについての受信電圧値は図10Bようになる。すなわち、各周波数特性40a、40b、40c、40d、40e、40fについては、それぞれP5、P6、P7、P8、P9、P10の受信電圧値が出力される。

【0060】このように、各周波数特性についての受信電圧値は、振動スペクトルとの重なり面積に比例して表われるため、この受信電圧値の急峻度を測定することによって間接的に振動スペクトルの急峻度を測定することができる。

【0061】ただし、図9Bに示すP2とP3、また図10Bに示すP7とP8との急峻を測定すると誤った急峻を求めることになる。このため、各受信電圧値から一旦、中心周波数 $f_c$ を求め、この中心周波数 $f_c$ を挟まない受信電圧値に基づいて急峻度を求めればよい。

【0062】以上のようにして、振動スペクトルの急峻度を測定し、この急峻度の値が予め設定されている基準値を下回っているか否かを判別する。そして、下回っている場合は、粉粒や液体等が振動部5に接触し振動板2の振動が減衰していると判定し、出力部36を介して検出信号を出力し、たとえば警報器等を作動させる。

#### 【0063】

【実施例】次に、上記第1の実施形態（周波数掃引）における振動式レベル検出装置に関する実験データを示す。なお本実施例では、従来の振動式レベル検出装置（受信用圧電素子からの出力信号と所定の基準電圧とを比較する装置）に対する計測の安定性を比較している。\*

| 測定条件       |       | 標準振幅        | 70%振幅       |
|------------|-------|-------------|-------------|
| 非検出        | Q     | 582.67[9A]  | 582.67[9B]  |
|            | ピーク電圧 | 4.882V[9A]  | 3.540V[9B]  |
| 垂直100mm水没  | Q     | 644.01[10A] | 543.92[10B] |
|            | ピーク電圧 | 4.227V[10A] | 2.964V[10B] |
| 垂直20mmPC埋没 | Q     | 135.48[11A] | 169.97[11B] |
|            | ピーク電圧 | 1.062V[11A] | 0.760V[11B] |

【0070】表1より、ピーク電圧を基準に計測する従来の振動式レベル検出装置は、水の検出を行う場合、標準振幅時のピーク電圧が4.88V、水に浸かったときのピーク電圧が4.22Vである。従って、これら両方の電圧の間のいずれかの比較電圧を設定し、その比較電圧より高いか低いかで水の有無を出力する。

【0071】このピーク電圧を基準に計測する従来の振

\*【0064】図12Aは振動式レベル検出装置の振動部5が水または粉体（PCペレット）などの物体に接触しない状態で測定した標準振幅時の振動スペクトルである。この図12Aでは、周波数372.92Hz（ $f_c$ ）で電圧カーブがピーク（ピーク電圧4.882V）となっている。この振動特性（電圧カーブ）Qは、ピーク電圧の-3dBの帯域幅（ $BW=f_h-f_l$ ）で割ればよく、この場合次式となり、Qは582.67となる。

$$10 \quad [0065] \quad 373.92 / (373.2 - 372.56) = 582.67$$

図12Bは図12Aと同様に振動部5先端に水又は粉体（PCペレット）などの物体が接触しない状態で圧電素子の効率を70%に下げたときの標準振幅時の振動スペクトルである。これは温度変化等を想定している。

【0066】図13Aは振動部5の先端100mmを垂直に水中に浸けた状態で測定した振動スペクトルである。図13Bは図13Aと同様に振動部5の先端100mmを垂直に水中に浸けた状態で圧電素子の効率を70%に下げたときの振動スペクトルである。

20 【0067】図14Aは振動部5の先端20mmを垂直に粉体（PCペレット）に埋没させた状態で測定した振動スペクトルである。図14Bは図14Aにおいて圧電素子の効率を70%に下げた状態で測定した振動スペクトルである。

【0068】これらの図12、図13および図14に示された振動スペクトルから測定されたQ特性値及びピーク電圧（PEAK Volt.）を次の表1に示す。なお、表1中、[ ] の数は図の番号を示している。

#### 【0069】

【表1】

動式レベル検出装置は、振動部5の効率が70%に下がった場合、標準振幅時、すなわち非検出状態におけるピーク電圧が3.540Vとなり、水を検出している状態より低下する。その結果、水がないにも拘わらず、水の検出信号、すなわち誤信号を出力することになる。

【0072】これに対して、Qを基準に計測する本発明の実施例に係る振動式レベル検出装置の場合は、表1に

示すように、振動部 5 の素子効率が標準振幅から 70% に下がった場合でも Q に変化がなく、また各測定条件下でも Q はほとんど変化しない。

【0073】なお、振動部先端 20mm を垂直に粉体 (PC ペレット) に埋没した状態で測定した場合、標準振幅の場合と、振幅振動部の効率が 70% に下がった場合とでは、Q は多少異なるが、これは、振動する振動部 5 への粉体 (PC ペレット) の当たり方が変化するためである。

【0074】以上のことから、水を検出する場合は、非検出時の標準振幅 582 と、振動部先端 100mm 水没時の標準振幅 544 との間に基準値を設定すれば、振動部 5 の効率に無関係に安定した計測が可能となり、誤動作を防止する振動式レベル検出装置とすることができ、また、粉体 (PC ペレット) を検出する場合も、非検出時の標準振幅 582 と、振動部先端 20mm 粉体埋没時の 70% 振幅 169 との間に基準値を設定すればよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る振動式レベル検出装置の第 1 の実施形態の要部概略図である。

【図 2】図 1 に示す振動式レベル検出装置のハードウェア構成を示す図である。

【図 3】図 2 に示す ROM 32 に格納されているプログラムのフローチャートである。

【図 4】図 2 に示す A/D 変換器を介して取り込まれた振動板 2 の振動スペクトルを示す図である。

【図 5】本発明に係る振動式レベル検出装置の第 2 の実施形態の要部概略図である。

【図 6】本発明に係る振動式レベル検出装置の第 3 の実施形態の要部概略図である。

【図 7】図 6 に示すバンドパスフィルターの各周波数特性を示す図である。

【図 8】本発明に係る振動式レベル検出装置の第 3 の実施形態のハードウェア構成を示す図である。

【図 9】A は図 8 に示すデジタルフィルター 40 を通過した周波数特性であり、B は各周波数特性についての受

信電圧値である。

【図 10】A は図 8 に示すデジタルフィルター 40 を通過した周波数特性であり、B は各周波数特性についての受信電圧値である。

【図 11】A は振動式レベル検出装置の全体構成を示す側面図であり一部断面図、B は振動式レベル検出装置の検出パイプ、振動板の振動状態を概念的に示した側面図である。

【図 12】A は振動式レベル検出装置の振動部先端に物体が接触しない状態での標準振幅時の振動スペクトルを示す図であり、B は圧電素子の効率を 70% に下げたときの振動スペクトルを示す図である。

【図 13】A は振動式レベル検出装置の振動部先端 100mm を垂直に水中に浸けた状態での標準振幅時の振動スペクトルを示す図であり、B は圧電素子の効率を 70% に下げたときの振動スペクトルを示す図である。

【図 14】A は振動式レベル検出装置の振動部先端 100mm を垂直に粉体 (PC ペレット) に埋没させた状態での標準振幅時の振動スペクトルを示す図であり、B は圧電素子の効率を 70% に下げたときの振動スペクトルを示す図である。

【図 15】従来の振動式レベル検出装置を示す図である。

【符号の説明】

2 . . . . . 振動板

4 . . . . . 検出パイプ

5 . . . . . 検出部

12 . . . . . 圧電素子

20 . . . . . 加速度ピックアップ

21 . . . . . 掃引励振信号生成回路

22、25、27 . . . . . 急峻度測定回路

23、26、28 . . . . . 判定回路

24 . . . . . 帯域励振信号生成回路

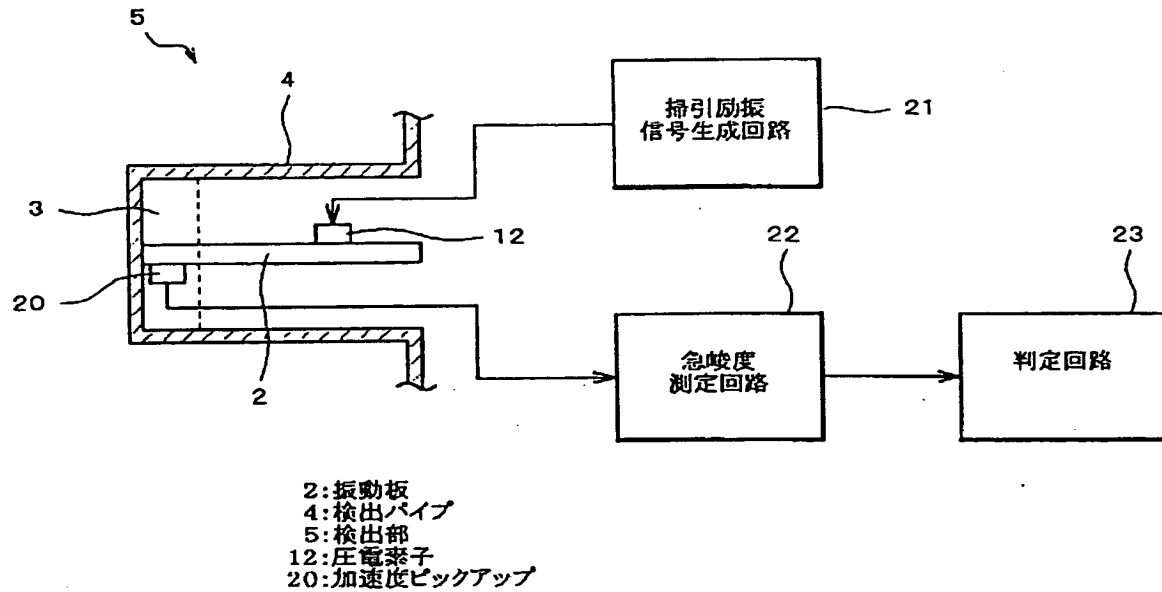
29a、29b、29c、29d、29e . . . . . バンドパスフィルター

39 . . . . . 励振信号生成回路



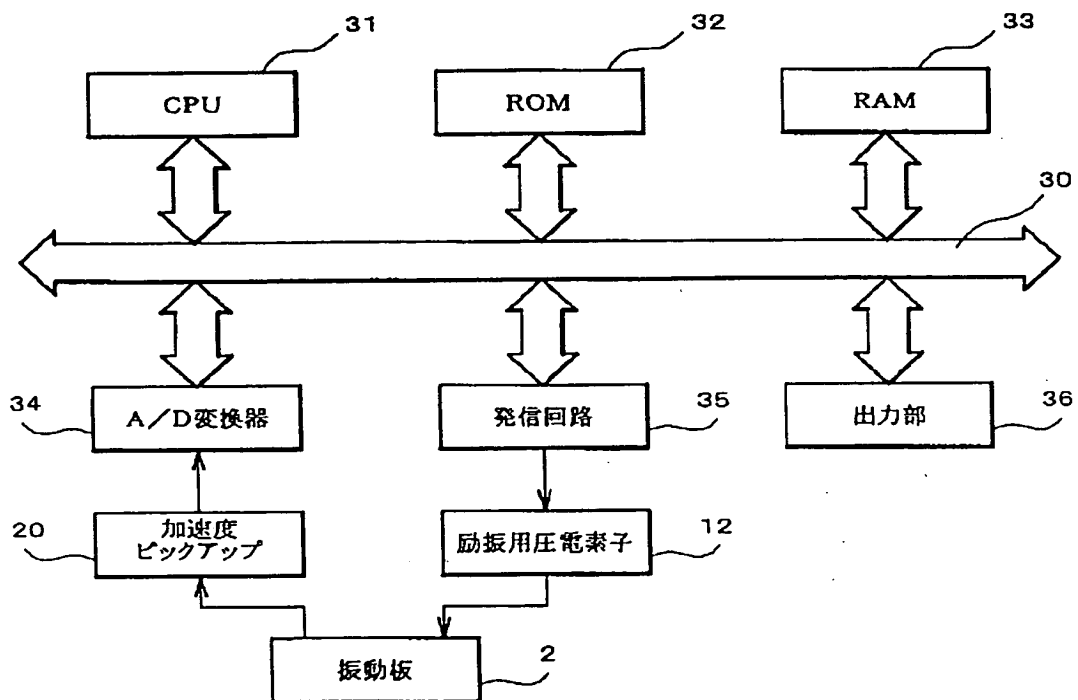
【図1】

&lt;第1の実施形態&gt;



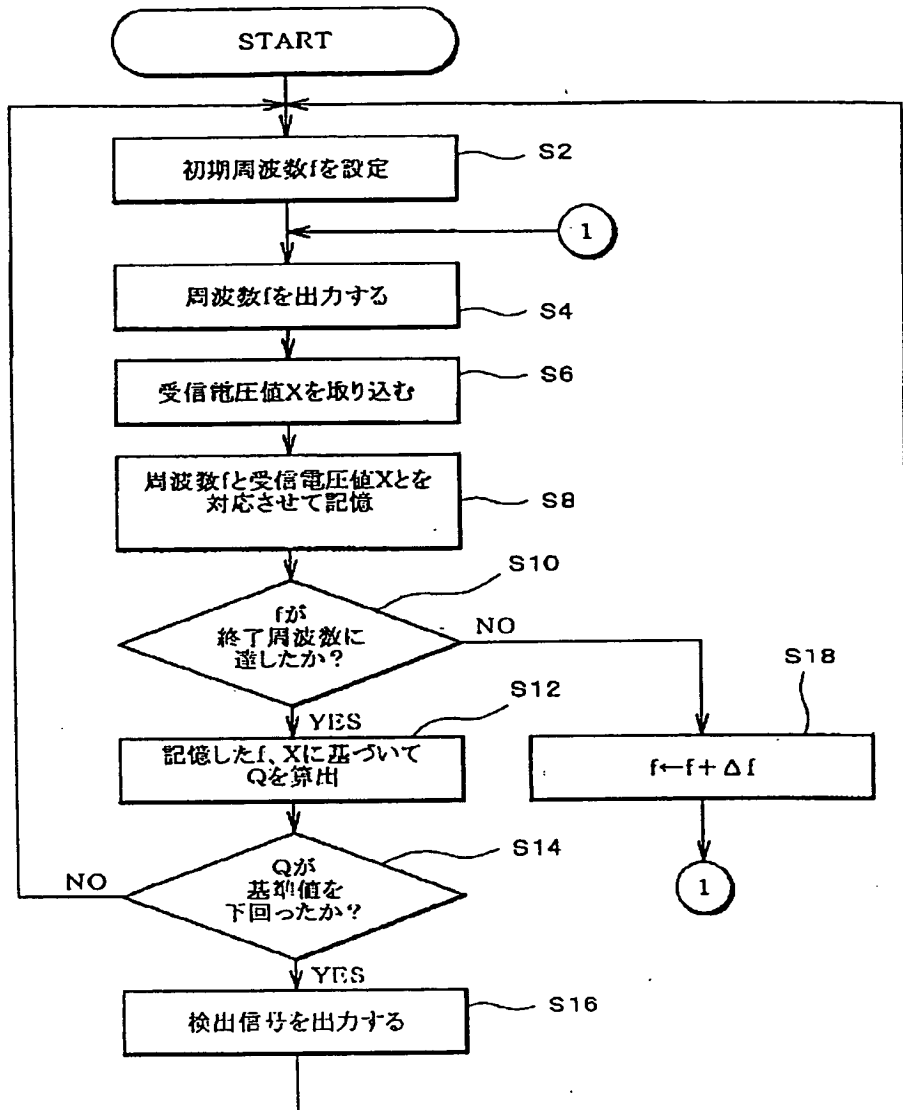
【図2】

&lt;第1の実施形態&gt;



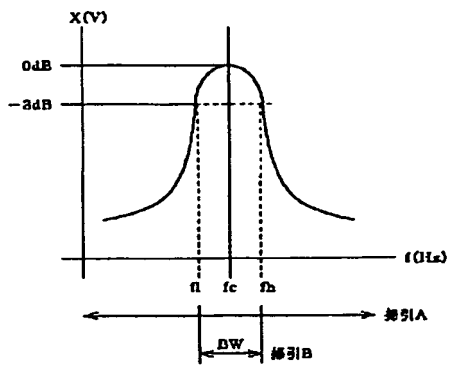
【図3】

&lt;第1の実施形態&gt;



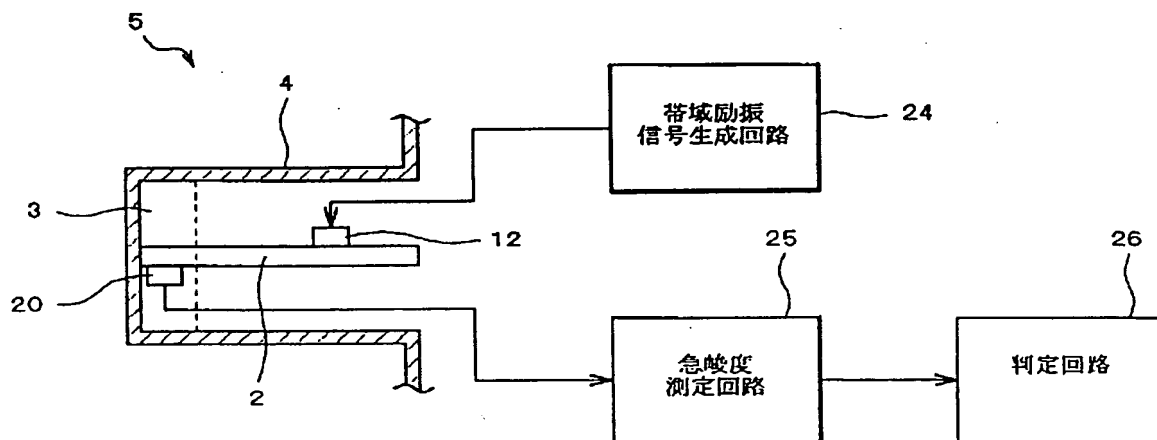
【図4】

&lt;第1の実施形態&gt;

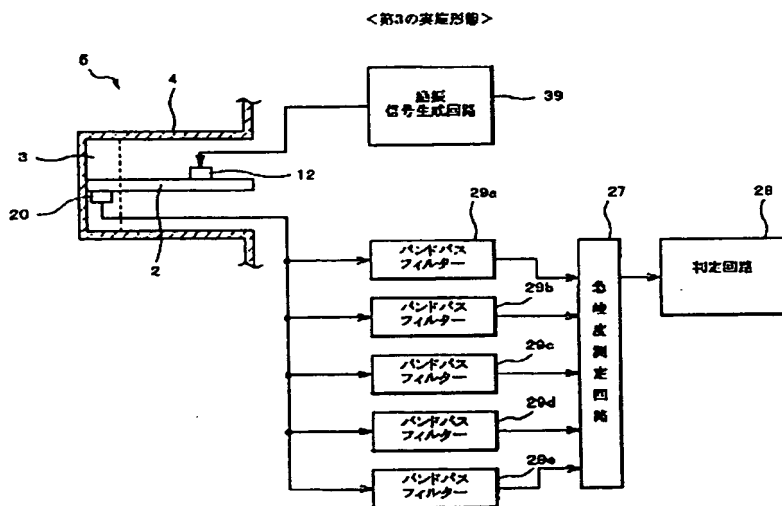


【図5】

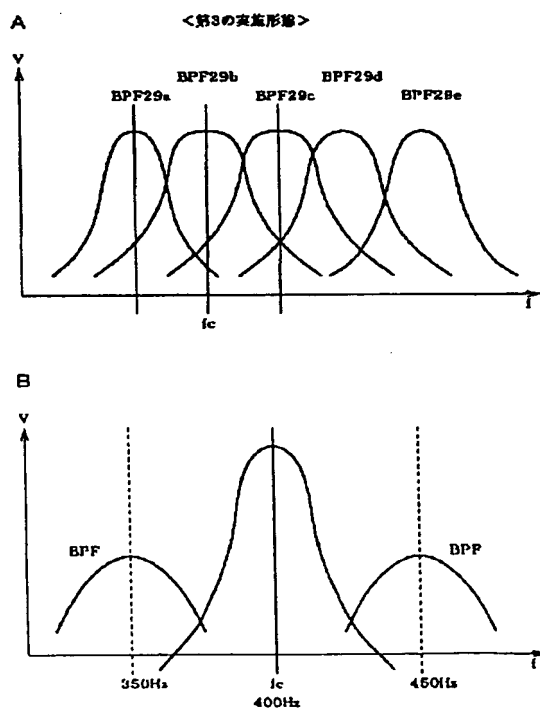
&lt;第2の実施形態&gt;



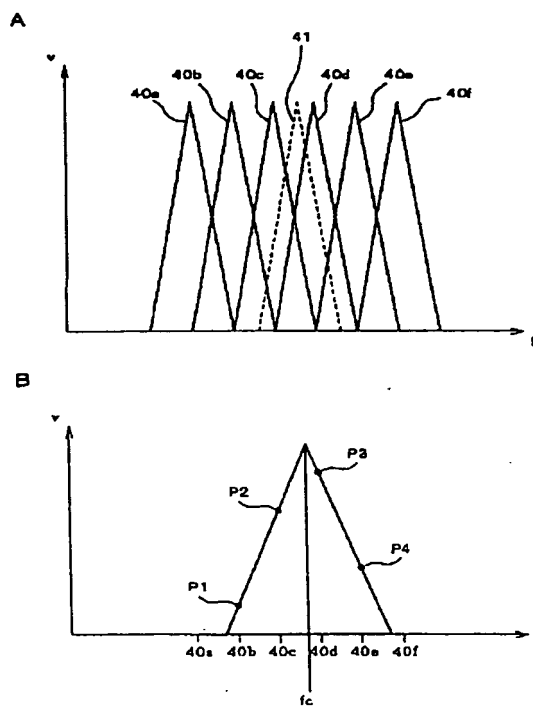
【図6】



【図7】

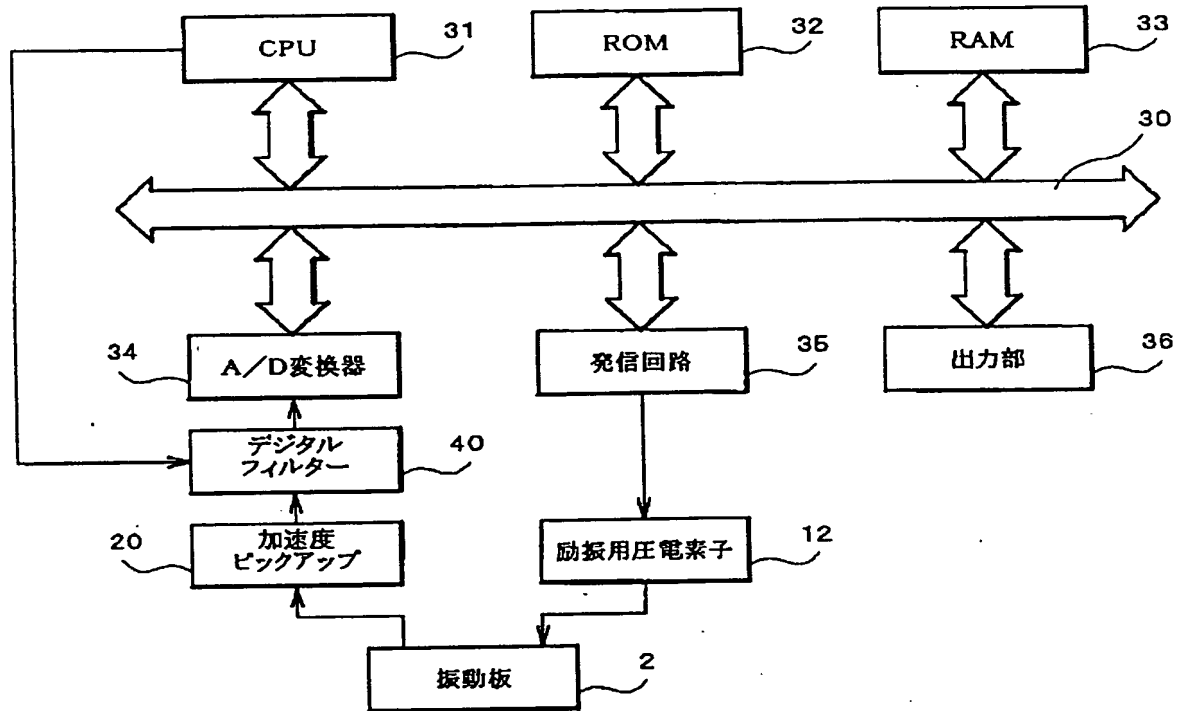


【図9】

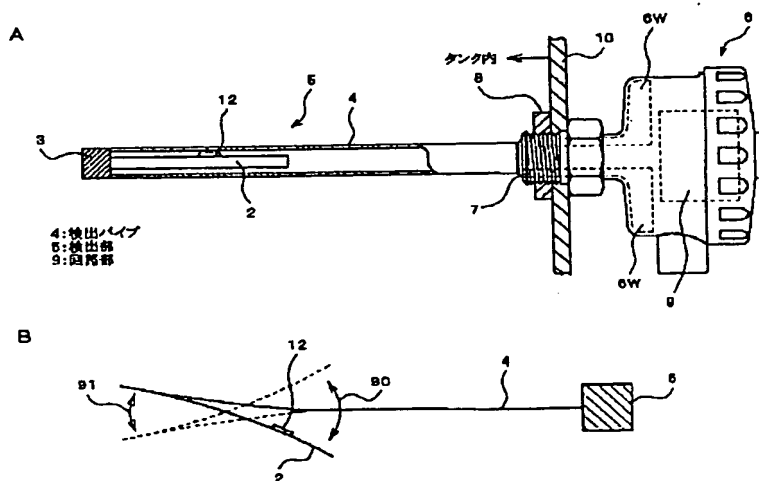


【図8】

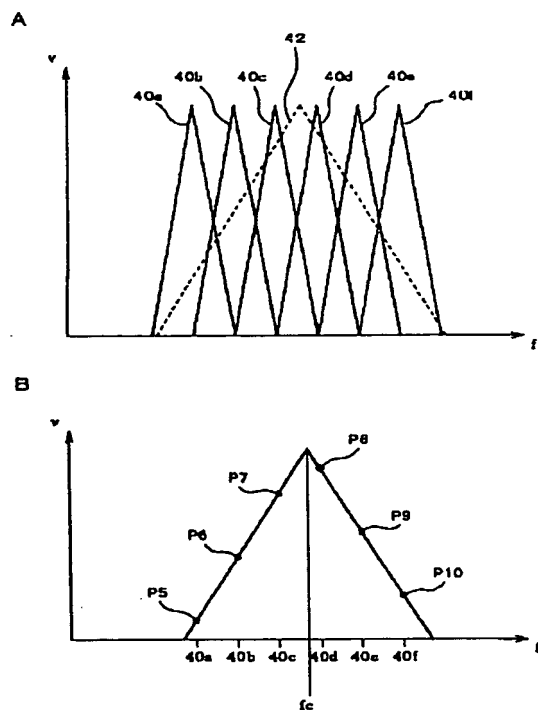
&lt;第1の実施形態&gt;



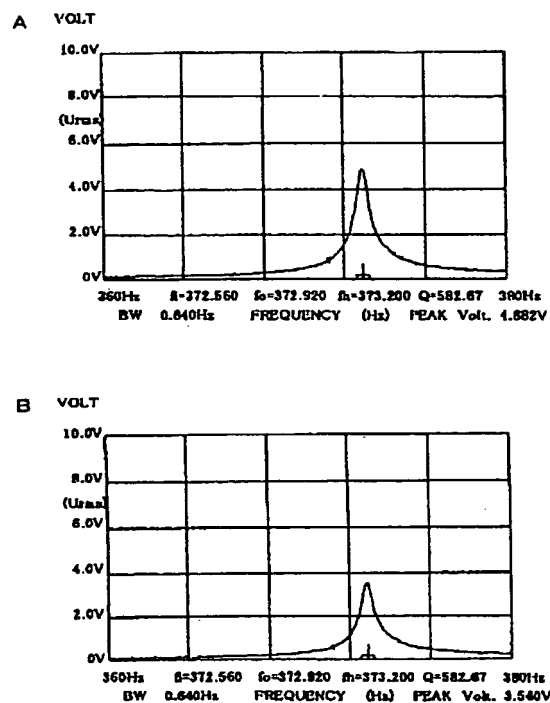
【図11】



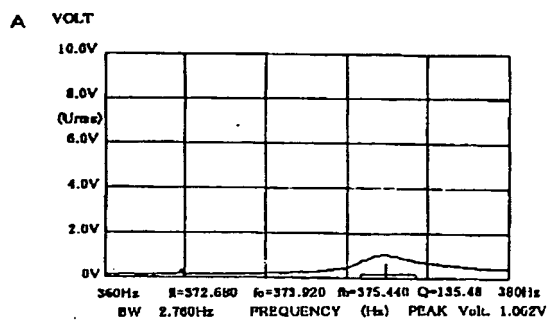
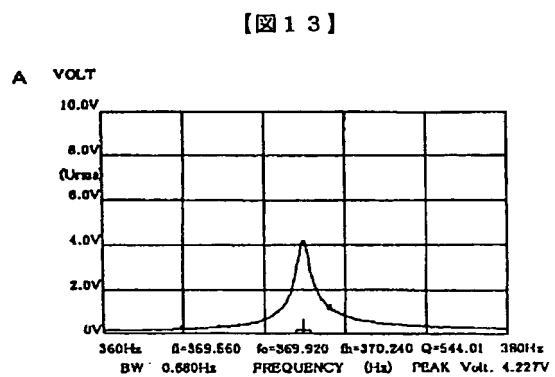
【図10】



【図12】



【図14】



【図15】

